

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-007482

(43)Date of publication of application : 12.01.1999

(51)Int.Cl.

G06F 19/00
B65G 1/137

(21)Application number : 10-117264

(71)Applicant : INTERNATL BUSINESS MACH CORP
<IBM>

(22)Date of filing : 27.04.1998

(72)Inventor : GERALD E FAJIN
KERN KUDOSHU KACHIRUJIORU
DAVID DARWAY YOO

(30)Priority

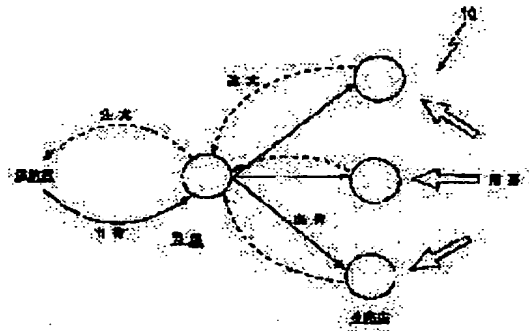
Priority number : 97 848073 Priority date : 01.05.1997 Priority country : US

(54) PROGRAM STORAGE DEVICE AND PHYSICAL DISTRIBUTION RESOURCE PLAN ENGINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a method for strengthening the performance predictive function of a physical distribution resource plan(DRP) by estimating at least either of predictive future goods in stock or a supply required amount by using DRP logic.

SOLUTION: In a distribution network 10 that consists of three retail stores that receive supply from one wholesale store, the retail stores obtain supply goods from the wholesale store and the wholesale store obtains them from a supply dealer respectively. Now, let us suppose that supply read time of products in each retail store is a prescribed week and that of the wholesale store is the prescribed week respectively. A prescribed period in future is estimated by using a DRP. A DRP table that reflects next week job actions over a prescribed period is created about each retail store and the wholesale store. The row of the DRP table of the wholesale store which corresponds to expected next week demand in the wholesale store is produced by totaling corresponding recommended order quantities of the three retail store DRP tables. When the next week demand is specified, the DRP table of the wholesale store is completed. The quantities in the table are predictive values about goods in stock and supply required amount in the future.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.12.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 7 4 8 2

(43) 公開日 平成 1 1 年 (1 9 9 9) 1 月 1 2 日

(51) Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G06F 19/00

G06F 15/24

B65G 1/137

B65G 1/137

A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 1 2 頁)

(21) 出願番号 特願平 1 0 - 1 1 7 2 6 4

(22) 出願日 平成 1 0 年 (1 9 9 8) 4 月 2 7 日

(31) 優先権主張番号 0 8 / 8 4 8 0 7 3

(32) 優先日 1 9 9 7 年 5 月 1 日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 3 9 0 0 0 9 5 3 1

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国 1 0 5 0 4 、 ニューヨーク州 アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 ジェラルド・イー・ファイジン

アメリカ合衆国 1 0 5 1 0 ニューヨーク州 スカーバラ キメイズ・コーブ 4 0 6

(74) 代理人 弁理士 坂口 博 (外 1 名)

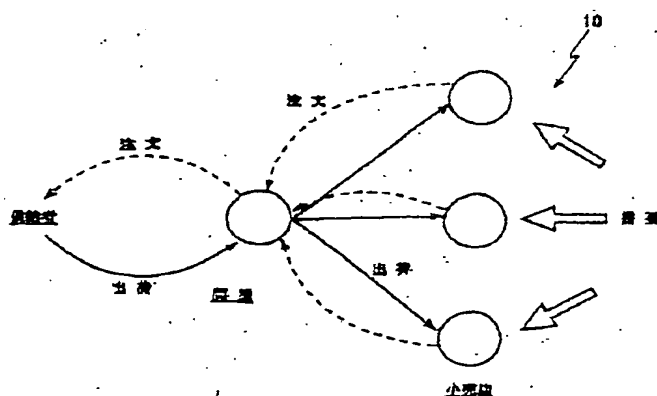
最終頁に続く

(54) [発明の名称] プログラム記憶装置および物流資源計画エンジン

(57) [要約]

【課題】 物的流通網で使用するのに適した方法。

【解決手段】 この方法は、物流資源計画 (D R P) 論理を使用して予測将来手持ち在庫と補充所用量のうちの少なくとも 1 つの見積値を出すステップと、物的流通網における将来補充所用量と在庫レベルのうちの少なくとも 1 つを見積もるために将来需要の不確実性を D R P 論理内に組み込むステップとを含む。



流通ネットワークの例の図

【特許請求の範囲】

【請求項 1】機械によって実行可能な命令のプログラムを実施して物的流通網において使用する方法ステップを実行する、機械可読プログラム記憶装置であって、前記方法が、

1) 物流資源計画 (DRP) 論理を使用して予測将来手持ち在庫と補充所要量のうちの少なくとも 1 つの見積値を出すステップと、

2) DRP 論理内に将来需要の不確実性を組み込んで物的流通網における将来補充所要量と在庫レベルのうちの少なくとも 1 つを見積もるステップとを含む、プログラム記憶装置。

【請求項 2】前記見積値を出すステップが、物的流通網における将来の補充所要量と在庫レベルのうちの少なくとも 1 つを見積る際に、より積率の高い情報を使用するステップを含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】モンテカルロ・シミュレーション技法への入力値としてより積率の高い情報を使用して、物的流通網における将来の補充所要量と在庫レベルのうちの少なくとも 1 つを見積もるステップを含む、請求項 2 に記載の装置。

【請求項 4】解析技法への入力値としてより積率の高い情報を使用して物的流通網における将来の補充所要量と在庫レベルのうちの少なくとも 1 つを見積もるステップを含む、請求項 2 に記載の装置。

【請求項 5】1) データベースと、予測エンジンと、在庫計画エンジンとから導き出された情報をエンジンに投入し、それぞれ在庫状況と、計画パラメータと、需要予測値とを含む、入力手段と、

2) 前記入力手段に接続可能でありその情報に対して作用可能であって、物的流通網における将来補充所要量と在庫レベルのうちの少なくとも 1 つを見積もるために将来需要の不確実性を組み込む物流資源計画エージェントを含む論理手段と、

3) 前記論理手段に接続され、物的流通網における将来補充所要量のうちの少なくとも 1 つの見積値を出力する出力手段とを含む、物流資源計画エンジン。

【請求項 6】前記論理手段が、将来手持ち在庫レベルと、将来繰越し注文需要数量と、将来および現在の推奨注文数量と、将来補充所要量との見積値を生成する、請求項 5 に記載のエンジン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、物的流通網における在庫管理に関する。具体的には、本発明は産業界において前記網を介した物資の流れを管理するために使用される物流資源計画 (DRP) と呼ばれる物流フレームワークに関する。本発明は、将来物流所要量および将来在庫レベルの予測 (すなわち見積もり) の問題に焦点を絞り、これに関連して DRP の機能を強化する好ましい方

法を開示する。

【0002】

【従来の技術】物的流通システムは倉庫、流通センター、および小売店から成り、それを通して製造業者から最終的顧客まで製品が流れる。このような網における在庫の管理には、網内の各場所に貯えておく各製品の在庫量と、それらの在庫品を補充する時期および方法と、補充注文数量とを決定する必要がある。物流資源計画 (DRP) とは、流通システムにおける在庫の計画と管理のための汎用フレームワークを指す。具体的には、これは、サービス・レベル目標や総在庫投資などのユーザが指定した目標に基づく在庫管理パラメータの設定と時間的段階を設けた在庫所要量の計算とを可能にする。供給能力制約、最小および最大注目数量制約など、多くの異なる制約を考慮に入れることができる。1980年代の初めから、DRPシステムは様々な商業ソフトウェア・パッケージの形で実現され、在庫管理責任者や調達担当者に広範囲な意思決定支援を提供し、産業界で広く使用されてきた。DRPとその使用例については、マーティン (Martin)、シルバー (Silver) およびピーターソン (Peterson)、ステンジャー (Stenger)、ムロット (Mlot) 等、およびスミス (Smith) の著作物を参照されたい。(Martin, A.J., Distribution Resource Planning: Distribution Management's Most Powerful Tool, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. and Oliver Wight Ltd. Publications, Inc., Essex Junction, VT, 2nd ed., 1990; Silver, E.A. and Peterson, R. Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, Wiley, New York, 2nd ed., 1985; Stenger, A.J., Distribution Resource Planning in: The Logistics Handbook, J.F. Robeson and W.C. Copacino (eds.), The Free Press, New York, 1994; Mlot, B., DiFrancesco, L., Perry, D., Landvater, D. and Martin, A., Distribution Resource Planning: The Critical Link from Final Point of Manufacture to Final Point of Sale, The 39th APICS International Conference Proceedings, 1996, pp.294-297)。DRPを実施する一般に普及しているソフトウェア・パッケージの例としては、Manugistics Inc., American Software, i2, およびLPAが販売するものなどがある。

【0003】DRPの宣伝されている強みの1つは、流通網のすべての段階における将来手持ち在庫と将来補充所要量を予測できると言われている能力である。実際に、ステンジャー (Stenger) は「どの1つの [DRP] 表で表された予測計画も、(安全な在庫によって) 需要を満たし、必要なサービスを顧客に提供し続けるのに必要な在庫レベルを示してくれるため、それ自体で価値がある。」と述べている。また、DRP

は、計画がうまくいくように補充（およびその数量）をスケジュールする必要がある時期も示す。将来手持ち在庫と補充所要量の予測は、後述する標準DRP論理を使用して行われる。しかし、後述するように、標準DRP論理は、将来需要の不確実さを考慮に入れずに、予測将来手持ち在庫と補充所要量の見積もりを出す。具体的には、DRP論理は、予測手持ち在庫および補充所要量の計算において、将来現実化される需要が予想とまったく等しいことを暗黙に前提としている。本明細書では、標準DRP論理が将来需要の変動性を無視することによって判断を誤らせるパフォーマンス見積もりを出す恐れがあることを立証する単純な例を示す。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、従来技術とは著しく異なり、将来需要変動性情報を明示的に使用することによってDRPのパフォーマンス予測機能を強化する2つの方法を提供することである。その1つは分析的近似値計算に基づくことが好ましく、1つはモンテカルロ・シミュレーションに基づくことが好ましい。

【0005】

【課題を解決するための手段】したがって、第1の態様では、本発明は、物的流通網で使用方法ステップを行う機械実行可能命令を有するプログラムを実施する機械可読プログラム記憶装置であって、前記方法が、

(1) 物流資源計画(DRP)論理を使用して予測将来手持ち在庫と補充所要量のうちの少なくとも一方の予測を提供するステップと、(2) DRP論理内に将来需要の不確実性を組み込んで、物的流通網における将来補充所要量と在庫レベルのうちの少なくとも一方を予測する、機械可読プログラム記憶装置を開示する。

【0006】第2の態様では、本発明は、(1) データベースと、予想エンジンと、在庫計画エンジンとから導き出された情報をエンジンに入力し、それぞれ在庫状況と計画パラメータと需要予測とを含む入力手段と、

(2) 入力手段に結合可能でありその情報に対して作用可能であって、物的流通網における将来補充所要量と在庫レベルのうちの少なくとも一方を見積もるために将来需要の不確実性を組み込む物流資源計画エージェントを含む論理手段と、(3) 論理手段に接続され、物的流通網における将来補充所用数量と在庫レベルのうちの少なくとも一方の見積もりを出力する出力手段とを含む、物流資源計画エンジンを含む。

【0007】本明細書で規定されている本発明は、重要な利点を実現することができる。たとえば、既存のDRP論理のすべての長所を保持することができると同時に、暗黙の仮定（すなわち将来現実化される需要が予想とまったく等しいと推定する仮定）に関する上述の欠点をなくすることができる。このようにして、本発明はDRPパフォーマンス予測機能を強化するという重要な利点

を実現することができる。

【0008】

【発明の実施の形態】

DRP論理の形式的説明

DRP論理とは、将来手持ち在庫と将来補充所要量を計算する標準DRPプロシージャで使用する数学アルゴリズムを意味する。DRP論理の数学的説明から始める。本明細書の説明は、標準DRPプロシージャからの形式的抜粋であり、その説明はステンジャー(Stenger)などの専門参考書や、前掲のソフトウェアなどの商業ソフトウェアの説明書で広く参照することができる。本明細書ではこの論理について単一の場所にある単一の製品に関して説明する。後で、この論理が複数の場所と複数の製品を持つ流通網に導入される様子を例示する例を示す。

【0009】DRP論理は、時間の経過による在庫の変動パターンを特徴づける1組の帰納式に基づく。より厳密には、DRPの主要論理は、特定の場所における特定の製品の将来の補充所要量、手持ち在庫、および繰越し注文需要の帰納計算を必要とする。帰納計算の説明の最初のステップは、将来時間を、 $t = 1, 2, \dots, n$ の添え字が付けられた等しい長さの1組の個別の期間に分割することである（ただし n は対象となる時間範囲）。実際問題として、DRP論理は典型的には6カ月ないし1年の時間範囲で週次または月次期間を使用して実施される。したがって、ここでは現在、期間1の初め（すなわち期間0の終わり）であって、DRP論理の目的が、製品および対象となる場所について、将来のすべての期間の以下の数量を予測することであるものと仮定する。

$t, t = 1, 2, \dots, n$:

I_t := 期間 t の終わりにおける手持ち在庫

B_t := 期間 t の終わりにおける繰越し注文需要

A_t := 期間 t の初めにおける必要な製品の必要数量

Q_t := 期間 t の初めにおける必要な製品の計画受領数量

R_t := 期間 t の初めにおける推奨注文数量

【0010】所要量 A_t と計画受領数量 Q_t との区別が重要である。 A_t は期間 t の初めに必要な数量を表すのに対し、 Q_t はリードタイム制約と発注数量制約とを考慮に入れて実現可能な数量を表す。たとえば、 $A_t = 40$ で、最大発注数量が30の場合、 Q_t は30に設定されることになる。

【0011】上記の数量の帰納計算を行うためには、DRPは期間1の初めに（この場合も特定の製品および場所について）以下の情報がわかっていることを前提とする。

D_t := 将来期間 t における需要 ($t = 1,$

$2, \dots, n$)。実際の将来需要は未知であるが、DRPは期間 t の将来需要がその平均偏差 $E[D_t]$ と標準偏差 $s_d[D_t]$ からわかっているものと仮定する。

(この情報は何らかの予測手続きから推定により導き出されるが、この情報がどのようにして生成されるかはDRP論理には関係がない。)

T_t := 期間 t の初めにおけるスケジュールされた受領数量。これは、期間 t の初めにその場所に到着するように現在(すなわち期間 1 の初め)スケジュールされている製品の数量である。

K_t := 期間 t の安全在庫所要量。これは、需要の不確実性から保護するために当該期間に当該の場所に備えておくべき製品の数量である。ほとんどのDRPソフトウェアは、各期間の安全在庫所要量を自動的に計算する様々な方法を備える。これらの方法の精巧さの程度は様々であるが、単に予測値の生成ということに関して言えば使用する特定の手法はDRP論理には関係がない。

$$A_t = [B_{t-1} - I_{t-1} + T_t + D_t + K_t] \quad t = 1, \dots, n \quad (1)$$

上式で $[x]$ は $\max(x, 0)$ を示す。上式は、各期間中の補充所要量と、最後の期間からの手持ち在庫および当該期間の初めに受領すべきスケジュールされた需要数量が、現在の期間の需要と最後の期間からの受注残を満たさなければならない、当該期間の必要安全在庫と等しい余りが出なければならないことを示している。DR

$$Q_t = f(A_t) \quad t = 1, \dots, n$$

上式で f は、補充注文方針を特徴づける任意のユーザ定義関数である。2つの一般に使用される補充注文方針は、ロット対ロットと最小-最大である。ロット対ロットでは、関数 f は恒等関数であり、 $Q_t = A_t$ 、 $t =$

$$f_{\text{lot}} : \dots = \min(\max(Q_{t-1}, A_t), Q_{\text{max}}) \quad t = 1, \dots, n$$

すなわち、注文数量が最小注文数量と最大注文数量の間の範囲に収まるようにする。手持ち在庫 I_t と繰越し注文 B_t に適用される帰納式も説明が簡単である。まず、

$$Y_t = I_{t-1} - B_{t-1} + T_t, \quad t = 1, \dots, n \quad (2)$$

そうすると、明らかに以下になる。

$$I_t = [Q_t + Y_t - D_t], \text{ および } B_t = [D_t - Q_t - Y_t] \quad (3)$$

【0014】DRPによって行う最後の計算は推奨注文数量である。特定の場所における特定の製品の注文リ

$$R_t = Q_{t+L}, \quad t = 1, \dots, n-L \quad (4)$$

したがって、期間 t の初めにおける推奨注文数量は、算出された計画受領数量が期間 $t+L$ にある数量である。

【0015】将来需要 D_t はその予測平均偏差および標準偏差からのみわかるため、(1)~(5)で定義され

$$\bar{A}_t = [\bar{B}_{t-1} - \bar{I}_{t-1} - T_t + E[D_t] + K_t]^+, \quad t = 1, \dots, n, \quad (5)$$

$$\bar{Q}_t = f(\bar{A}_t), \quad t = 1, \dots, n, \quad (6)$$

$$\bar{Y}_t = \bar{I}_{t-1} - \bar{B}_{t-1} + T_t, \quad t = 1, \dots, n, \quad (7)$$

$$\bar{I}_t = [\bar{Q}_t + \bar{Y}_t - E[D_t]]^+, \text{ および } \bar{B}_t = [E[D_t] - \bar{Q}_t - \bar{Y}_t]^+ \quad (8)$$

$$\bar{R}_t = \bar{Q}_{t+L}, \quad t = 1, \dots, n-L \quad (9)$$

I_t := 期間 1 の初めにおける手持ち在庫。これは、現在の手持ち在庫である。

B_t := 期間 1 の初めにおける繰越し需要。

【0012】スケジュールされた受領数量 T_t を計画受領数量 Q_t と混同してはならない。前者はDRPへの入力値であり、期間 t の初めに実際に納入される予定の数量を表す。後者はDRPの出力値であり、期間 t の初めに追加として必要な数量の評価を表す。スケジュールされた受領数量を「輸送中」と呼んで、品物が物理的に当該の場所に向かう途上にあることを示唆することもある。

【0013】将来所要量 A_t 、 $t = 1, \dots, n$ を予測するために、DRPは以下の帰納関係を使用する。

P論理における次のステップは、期間 t の初めまでに間に合うように入手できなければならない数量を反映するように A_t を変更することである。このためには、事前に指定された注文制約の任意のセットを適用することによって、 A_t から計画受領数量 Q_t を導き出す。数式では以下ようになる。

(2)

$1, \dots, n$ である。すなわち注文数量には制約が加えられない。最小-最大では、最小注文数量 Q_{min} と最大注文数量 Q_{max} を指定し、注文方針規則は次のようになる。

期間 t の初めにおける正味在庫数量を以下のように示す。

(3)

(4)

ドタイムが L 週間であるとする。DRPでは、補充所要量は L 週間前の推奨注文数量になる。

(5)

ている帰納計算を行うために、DRP論理は D_t の代わりに予測平均需要 $E[D_t]$ を使用して以下の修正された再帰式を得る。

【数1】

$$\tilde{A}, \tilde{B}, \tilde{I}, \tilde{Q}, \tilde{R}$$

は以降 A ティルド、B ティルド、I ティルド、Q ティルド、R ティルドと記載する。

【数 3】

$$\hat{A}, \hat{B}, \hat{I}, \hat{R}, \hat{Y}$$

は以降 A ハット、B ハット、I ハット、R ハット、Y ハットと記載する。

【数 4】

$$\overline{A}, \overline{B}, \overline{I}, \overline{Q}, \overline{R}$$

は以降 A バー、B バー、I バー、Q バー、R バーと記載する。

【0 0 1 6】ティルド

【数 5】

$$(\sim)$$

は、上記で定義した形式帰納式と、予測平均需要を使用したそれらの帰納式の DRP 実施態様とを区別するために使用している。したがって、これらの数量は未知の将来の数量の DRP の予測値とみることができる。たとえば R ティルドは、期間 1 の初めにある週 1 の開始時に注文する数量の DRP の予測値と解釈することができる。具体的には R ティルドは現在の推奨注文数量である。すなわち、これは DRP によれば、今すぐ注文すべき数量である。R ティルドは、期間 5 の開始時に注文する可能性が最も高い数量の DRP の現在の最適推測値である。

【0 0 1 7】例

DRP 論理の例示をわかりやすくするために、図 1 に番号 10 で略図を示すごく単純な流通網を考えてみる。この流通網は、1 箇所の問屋から供給を受ける 3 軒の小売店から成る。小売店はこの問屋から補給品を入手し、問屋は供給業者から補給品を入手する。この例では、3 軒の小売店全部が販売する 1 種類の製品に焦点を絞ることにする。各小売店におけるこの製品の補給リードタイムを 5 週間であるものとし、問屋における補給リードタイムを 1 週間と仮定する。これは、たとえば、小売店が週 1 の開始時に補給注文を出した場合、週 6 の開始時に着荷することを意味する。現在、週 1 の初め（すなわち $t = 1$ ）であり、DRP を使用して今後 26 週間先まで予測しようとしているものとする。DRP 論理はこの時点で以下の情報がわかっていることを前提とする。

・ 対象範囲にわたる各小売店の将来の毎週の需要の平均偏差と標準偏差

・ 各場所（すなわち 3 軒の小売店全部と問屋）における現在の手持ち在庫

・ スケジュールされた受領数量。すなわち、対象範囲にわたって毎週各場所に着荷するようにスケジュールさ

れた全出荷数量のリスト

・ 各場所で保持すべき安全在庫数量

【0 0 1 8】この例では、各小売店における当該商品の週次需要が [0, 20] の離散一様分布に従っているものとする。すなわち、週次需要は確立 $p = 1/21$ で n に等しく、 $n = 0, 1, \dots, 20$ である。したがって、各小売店における週次需要は、平均偏差が 10 で標準偏差が

【数 6】

$$\sqrt{1.10/3} \approx 6.06$$

である。また、週 1 の開始時に、各小売店にある手持ち在庫は 60 個であり、問屋の手持ち在庫は 100 個であるものとする。次に、現在スケジュールされた受領数量はないものとする。最後に、安全在庫として小売店は 10 個、問屋は 15 個を保有したいと考えているものとする。

【0 0 1 9】この週に各場所で今後 26 週間の手持ち在庫と補給所要量を予測するために、DRP 論理はまず小売店から着手し、各小売店について今後 26 週間にわたるその小売店の週次業務活動を反映する表を作成する。この表は、26 の列（各週に 1 つずつ）と以下の行から成る。

1. 期待（すなわち平均）需要 ($E[D_t]$)
2. スケジュールされた受領数量 (T_t)
3. 安全在庫所要量 (K_t)
4. 補給所要量 (A ティルド_t)
5. 計画受領数量 (Q ティルド_t)
6. 手持ち在庫 (I ティルド_t)
7. 繰越し注文需要 (B ティルド_t)
8. 推奨注文数 (R ティルド_t)

【0 0 2 0】表 1 を含む図 2 の参照番号 12 に、この例の 1 軒の小売店の完成 DRP 表を示す。（この例ではすべての小売店が同じであるため、小売店のために生成される表は同じである。）予測数量 A ティルド_t、Q ティルド_t、I ティルド_t、B ティルド_t、および R ティルド_t はすべて、式 (6)、(7)、(8)、(9)、および (10) で指定された帰納式を使用して計算されたものである。この例の計画受領数量 Q_t の計算では、最小-最大方針を仮定し、小売店は $Q_{t-1} = Q_{t-2} = 30$ 、問屋は $Q_{t-1} = Q_{t-2} = 200$ であるものとした。

【0 0 2 1】この例を続けると、この DRP 表が前述の DRP 論理に従って 3 軒の小売店すべてについて作成されたものとする。次のステップは、問屋にもこれと類似した DRP 表を作成することである。そのために、DRP は 3 軒の小売店全部からの週次推奨注文数量を合計し、この合計は、DRP 論理を問屋レベルで駆動するために使用される週次需要予測値になる。すなわち、問屋における期待週次需要に対応する問屋の DRP 表の行 1 は、3 つの小売店 DRP 表の対応する推奨注文数量を合計することによって作成される。週次需要が指定される

と、小売店の場合とまったく同様にしてDRP帰納計算が行われ、問屋のDRP表が完成する。表2を含む図3の番号14に、この例の問屋の完成したDRP表を示す。

【0022】まとめると、DRP計算の最終結果は、流通網における各製品および場所ごとに1つずつある1組の表である。これらの表に含まれる重要な数量は、将来の手持ち在庫と補給所要量に関する予測値（すなわち見積値）である。ここでは単純な例を使用してこれらの表の作成を例示したが、上述の論理はこれよりはるかに複雑な網にも適用される。

【0023】DRP論理の難点

DRP論理の主な難点は、帰納式で平均予測需要を代入することによって、計算の際に未知の将来需要の変動性を無視することである。この例では、小売店レベルでの平均需要は1週間につき10個であり、これがDRP計算を行う際に使用する数値である。しかし、需要の標準偏差は6.06であり、このことはDRP論理のどこでも使用されない。安全在庫数の計算で、需要の標準偏差を使用することができるが、この計算はDRP論理の範囲外にある。前述のように、安全在庫はDRP計算への入力値として与えられることを前提としている。実際に、DRP論理では需要の標準偏差が0であるというのが暗黙の前提である。

【0024】この状況の別の見方は、(1)、(2)、(3)、(4)、および(5)に定義されているDRP論理に適用される形式帰納式がランダム数量に関するステートメントであることである。この点に照らして、式(6)、(7)、(8)、(9)、および(10)で指定されたDRP予測値がそれらのランダム数量の正しい期待値に対応しているかどうかを問うのが妥当である。実際、DRP論理ではこれらの期待値の正しい見積値が得られないことを数学的に証明するのは容易である。この意味でDRP論理には欠陥がある。後で数値を使用した例で示すように、DRP論理は期待値から大幅にずれたパフォーマンス予測値を出す可能性がある。実際に、DRP論理が特定の事例で「受容可能な」パフォーマンス予測値が得られるかどうかを前もって予測することはできない。その結果、DRP論理によって得られた予測値は信頼できないだけでなく、判断を誤らせる可能性がある。

【0025】DRP予測を改善する2つの方法

以下で述べる2つの方法は、将来需要の変動性に関する情報を使用することによって標準DRP予測値の精度を高めることを目的としている。方法1は解析的式に基づき、補充がロット対ロットである場合、すなわち注文数量制約がない場合に適用している。方法2は、シミュレーションに基づいており、注文数量制限のある場合も含めてより一般的に適用可能であるが、より多くの計算作業を必要とする。

【0026】本明細書の例では、前提として1週間当たりの将来需要は[0, 20]の離散一様分布に従うことを想起されたい。本発明の方法では、この需要をDRP論理のように1週間当たり10個という値を持つ決定的なものとして扱うのではなく、週次需要が6.06の標準偏差を有するという事実を組み込む。本発明の方法では、まさにこの改良によってこのパフォーマンス見積りの精度が向上する。

【0027】方法1：改良された解析的近似値計算

使用する補充方針がロット対ロットであると仮定して、手持ち在庫および補充所要量のDRPを改良する解析的手法について述べる。具体的には、所与の場所における所与の製品について数量 A_i 、 I_i 、 B_i 、および R_i を予測する代替方法を導き出す。この方法を標準DRP論理および前述の形式的等式から区別するため、 A ハット、 I ハット、 B ハット、および R ハットという表記を使用して計算結果を示す。ロット対ロット補充を前提としているため、ここでは所用量と計画受領数量とを区別しない。（前述のように、ロット対ロット補充では、計画受領数量は所要量と同じである。）

【0028】 D_i の平均偏差と標準偏差を

$$\mu_i := E[D_i] \quad \sigma_i := sd[D_i]$$

と表す。 $s < t$ の場合について、

$$D(s, t) = D_i + \dots + D_i$$

と表すと、

$$\mu(s, t) := E[D(s, t)], \quad \sigma(s, t) := sd[D(s, t)]$$

となる。

【0029】リードタイムは L 個の期間であることを想起されたい。期間 t の所要量 A_t を決定したいものとする。期間 t に着荷するように注文を遅滞なく出すために、この決定を期間 $t-L$ の初めに行う必要がある。

【0030】現在、期間 $t-L$ の初めであるとする。わかっているのは、(a)直前の期間 Y_{t-L} から残された正味在庫、(b)前の期間 $A_{t-L}, A_{t-L-1}, \dots, A_{t-L+1}$ からの補充所要量、(c)この期間 T_{t-L} のスケジュールされた受領数量である。不明なのは、リードタイムの間の需要のシーケンス $D_{t-L}, D_{t-L-1}, \dots, D_t$ である。この時点で、1期間当たりの需要が正規分布に従うことと、各期間の需要が他の期間の需要から独立していると仮定する。そうすると次のように書くことができる。

$$D(t-L, t) = \mu(t-L, t) + Z \cdot \sigma(t-L, t)$$

上式で、 Z は標準正規確立変数である。（標準とは平均偏差が0で標準偏差が1であることを示す。）

【0031】 $s < t$ の場合について、 A ハット(s, t) := A ハット $_s + \dots + A$ ハット $_t$ と示す。期間 t の所要量 A ハット $_t$ を次のように指定する。

$$\hat{A}_t = \left[\mu(t-L, t) + K_t - \hat{Y}_{t-L} - \hat{A}(t-L, t-1) \right]^+ \quad (11)$$

上式で、 $t \leq L$ の場合は常に、 $t-L := 1$ と設定し、 0 と設定する。安全率を次のように示す。

$t-L > t-1$ の場合は A ハット ($t-L, t-1$) = [数 8]

$$K_t := \frac{\hat{Y}_{t-L} + \hat{A}(t-L, t-1) + \hat{A}_t - \mu(t-L, t)}{\sigma(t-L, t)} \quad (12)$$

2つの場合がある。第1に、(11)の右辺の数量が正 [数 9]

であるとすると、次のようになる。

$$\hat{Y}_{t-L} + \hat{A}(t-L, t-1) + \hat{A}_t = \mu(t-L, t) + K_t$$

したがって次のようになる。

$$K_t = \frac{K_t}{\sigma(t-L, t)} \quad (13)$$

[0032] この場合、期間 $t-L$ の初めに、正味在庫 給所要量と合わせた合計

は Y ハット、であり、これをリードタイム期間中の補 [数 11]

$$\hat{A}(t-L, t-1) + \hat{A}_t = \hat{A}(t-L, t) \quad (11)$$

が、リードタイム期間中のすべての需要である合計 D t の終わりに、期待繰越し注文は次のようになる。

($t-L, t$) を満たすことになる。したがって、期間 [数 12]

$$\begin{aligned} \hat{B}_t &= E[D(t-L, t) - \hat{Y}_{t-L} - \hat{A}(t-L, t)]^+ \\ &= E[\mu(t-L, t) + Z \cdot \sigma(t-L, t) - \mu(t-L, t) \\ &\quad - k_t \cdot \sigma(t-L, t)]^+ \\ &= \sigma(t-L, t) E[Z - k_t]^+ \end{aligned} \quad (14)$$

$G(x) := E[Z - x]$ と定義すると、(14)を 以下のように書き直すことができる。

$$B_t = \sigma(t-L, t) \cdot G(k_t) \quad (15)$$

同様に、

$$\begin{aligned} \hat{I}_t &= E[\hat{Y}_{t-L} + \hat{A}(t-L, t) - D(t-L, t)]^+ \\ &= \sigma(t-L, t) G(k_t) \end{aligned} \quad (16)$$

上式で、 $H(x) := x + G(x)$ である。

する。そうすると以下のようにになる。

[0033] 次に、(11)で A ハット、 $= 0$ であると [数 14]

$$\hat{Y}_{t-L} + \hat{A}(t-L, t-1) \geq \mu(t-L, t) + k_t$$

したがって次のようになる。

[数 15]

$$\begin{aligned} \hat{B}_t &= E[\mu(t-L, t) + Z \cdot \sigma(t-L, t) - \hat{Y}_{t-L} \\ &\quad - \hat{A}(t-L, t-1)]^+ \\ &= \sigma(t-L, t) G(k_t) \end{aligned} \quad (17)$$

上式の k_t は (12) に従う。この場合、安全率は少なくとも第1の場合の(13)の安全率と同じ大きさである。したがって、 $G(\cdot)$ は減少関数であるため(14)の B ハット、は(14)の B ハット、を超えない。(第2の場合、直観的に見て、使用可能な(正味)在庫 Y ハット、

t 、が大きいため、有効安全率が高くなる。したがって、(予測)繰越し注文は少なくなる。)

[0034] 同様に、A ハット、 $=$ の場合は次のようになる。

[数 16]

$$\hat{I}_t = \sigma(t-L, t) H(k_t)$$

(18)

k_t は (12) に従う。この場合の I ハットは (16) の I ハットより大きい。

【0035】要約すると、本明細書では A ハット、 B ハット、および I ハット、 $t=1, \dots, n$ の数量を機能的に計算する以下の方法を提案する。

【0036】 A ハット、 B ハット、および I ハット、の再帰的計算の方法1:

1. $t=1 \sim n$ の場合:

(a) (11) を使用して A ハットを計算する

(b) (15, 17) を使用して B ハットを計算する

(c) (16, 18) を使用して I ハットを計算する

(d) Q ハット $= A$ ハットを設定する

2. ループの終わり

【0037】 A ハット、 $t=1, \dots, n$ を計算した後、推奨注文数量 R ハットを以下のように計算する。

【数17】

$$\hat{R}_t = \hat{A}_{t+L}, \quad t=L, \dots, n-L$$

【0038】方法2: モンテカルロ・シミュレーション数量 $E[A_t]$ 、 $E[Q_t]$ 、 $E[I_t]$ 、 $E[B_t]$ 、および $E[R_t]$ 、 $t=1, \dots, n$ を見積もる代替手法は、モンテカルロ・シミュレーションの技法を使用することである。この方法の詳細については、ブラットリー、フォックス、およびシュラーゲ (Bratley, P., Fox, B. L. and Schrage, L.

E., "A Guide to Simulation

n", Springer-Verlag, New York, 1987)、ローおよびケルトン (Law, A. M. and Kelton, W. D., "Simulation Modeling & Analysis", McGraw-Hill, Inc., New York, 1991)、およびバンクスおよびカーソン (Banks, J., Carson, J. S. and Nelson, B. L., "Discrete-Event System Simulation", Prentice-Hall, New Jersey, 2nd edition, 1996) を参照されたい。本質的にはこの手法は解析的ではなく統計的である。この手法は、所要量から計画受領数量を計算する際にユーザによって加えられる注文数量制約に関係なく適用可能であるという点で方法1に優る利点がある。この方法を実施するために、式(1)~(5)で説明したDRP帰納計算と同じセットを使用する。しかし、この計算の基礎として平均需要を使用せず、無作為に抽出した1組の需要を使用する。

【0039】この方法を説明するために、さし当たり、需要の M 個の無作為標本から成る組を仮定する。具体的には、 (d^1, \dots, d^M) 、 $m=1, \dots, M$ のように、 n 個の数から成る M 組があるものとする。 (d^1, \dots, d^M) の組は、各期間の需要の無作為標本を表す。 m 番目の組について、以下の計算を使用して数量 a^m 、 b^m 、および i^m をそれぞれ計算する。

【数18】

$$a_t^m = [b_{t-1}^m - i_{t-1}^m - T_t + d_t^m + K_t]^+, \quad t=1, \dots, n, \quad (19)$$

$$q_t^m = f(a_t^m), \quad t=1, \dots, n, \quad (20)$$

$$y_t^m = i_{t-1}^m - b_{t-1}^m + T_t, \quad t=1, \dots, n, \quad (21)$$

$$i_t^m = [a_t^m + y_t^m - d_t^m]^+, \quad \text{および} \quad b_t^m = [d_t^m - a_t^m - y_t^m]^+ \quad (22)$$

そうすると、 A バー、 Q バー、 I バー、および B バー、で示した見積値は次のようになる。

【数19】

$$\bar{A}_t = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M a_t^m, \quad t=1, \dots, n \quad (23)$$

$$\bar{Q}_t = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M q_t^m, \quad t=1, \dots, n \quad (24)$$

$$\bar{T}_t = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M i_t^m, \quad t=1, \dots, n \quad (25)$$

$$\bar{B}_t = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M b_t^m, \quad t=1, \dots, n \quad (26)$$

推奨注文数量 R バーを計算するために、前のように以下の式を使用する。

【数20】

$$\bar{R}_t = \bar{Q}_{t+L}, \quad t=1, \dots, n-L \quad (27)$$

る。最初のステップでは、各期間の平均偏差および標準偏差と一致する確率分布を選択する必要がある。次に、この確率分布から無作為標本を生成するために、逆変換法などのいくつかの標準的技法のうちのいずれかを使用する（ローおよびケルトンを参照。Law, A. M. and Kelton, W. D., "Simulation Modeling & Analysis, McGraw-Hill, Inc., New York, 1991）。

【0040】最後に、この方法の汎用性を指摘する。たとえば、この方法は、時間または異なる製品にわたって需要に相関関係がある状況にも適用可能である。また、この方法は、前述のロット対ロットや最小-最大規則だけでなく、恣意的に複雑な注文規則を扱うこともできる。

【0041】数値を用いた例

以下では、前述の例を使用して、標準DRP論理（標準DRPと呼ぶ）を使用して得られた結果と本明細書で提案した2つの方法（方法1および方法2と呼ぶ）を使用して得られた結果とを比較する。この例では、3軒の小売店のうちの1つに焦点を合わせ、補充所要量、手持ち在庫、および繰越し注文需要について得られた見積値を比較する。

【0042】第1の比較では、ロット対ロット補充規則を使用して標準DRPと方法1とを比較する。表3を含む図4の参照番号16には、この両方の手法を使用して生成されたDRPが含まれている。この例で生成された所要量はほぼ同じであるが、手持ちと繰越し注文需要がかなり異なることに留意されたい。特に重要なのは、標準DRPを使用すると繰越し注文需要が常に0と見積もられ、満足率（すなわち手持ち在庫で満たされる需要の割合）は100%であるのに対し、方法1は週6~16で満足率を63%としか見積もらない（1~3, 75/10）。図5の参照番号18で、安全在庫数量の関数としての期間10の手持ち在庫の見積り値を比較する。安全在庫数量が減少すると、2つの見積値の相違が大きくなることに留意されたい。安全在庫を0に設定すると、この相違は1週間の需要の半分を超える量になる。

【0043】第2の比較では、最小-最大補充方針を使用して、標準DRPと方法2を比較する。小売店レベルの注文数量を30であるものとする（ $Q_{min} = Q_{max} = 3$ ）。表4を含む図6の参照番号20に、両方の方法を使用して生成されたDRP表を示す。ここでは、手持ち在庫と繰越し注文需要の見積値だけでなく、計画受領数量と推奨注文数量にも大きな相違がある。また、方法2によって生成される推奨注文数量は、注文数量制約を守っていないように見える。しかし、この見積は予測値に対応しており、実際の注文数量には対応していないことを強調したい。大ざっぱに言って、ユーザは、期間10の推奨注文10を、期間10の開始時に数量30の注文

が出される可能性が1/3あり、注文がまったく出されない可能性が2/3であることを示しているものと解釈するはずである。現行期間の開始時以外には実際の注文が出されないことを念頭に置けば、DRP内でこれらの見積値を使用するのは疑しくない。

【0044】次に図7に注目すると、上記で要約した種類のDRPエンジン22が図示されている。具体的には、DRP論理手段24は予測エンジン26と在庫計画エンジン28とデータベース30とから、図示されているタイプの入力値を受け入れる。DRP論理手段24からの出力には、会計32、購買34、および受領36の各ユニットが含まれる。DRP論理手段24は本発明の方法を、たとえばC+でフォーマットされた形で実行することができる。

【0045】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0046】（1）機械によって実行可能な命令のプログラムを実施して物的流通網において使用方法ステップを実行する、機械可読プログラム記憶装置であって、前記方法が、

1) 物流資源計画（DRP）論理を使用して予測将来手持ち在庫と補充所要量のうちの少なくとも1つの見積値を出すステップと、

2) DRP論理内に将来需要の不確実性を組み込んで物的流通網における将来補充所要量と在庫レベルのうちの少なくとも1つを見積もるステップとを含む、プログラム記憶装置。

（2）前記見積値を出すステップが、物的流通網における将来の補充所要量と在庫レベルのうちの少なくとも1つを見積る際に、より積率の高い情報を使用するステップを含む、上記（1）に記載の装置。

（3）モンテカルロ・シミュレーション技法への入力値としてより積率の高い情報を使用して、物的流通網における将来の補充所要量と在庫レベルのうちの少なくとも1つを見積もるステップを含む、上記（2）に記載の装置。

（4）解析技法への入力値としてより積率の高い情報を使用して物的流通網における将来の補充所要量と在庫レベルのうちの少なくとも1つを見積もるステップを含む、上記（2）に記載の装置。

（5）1）データベースと、予測エンジンと、在庫計画エンジンとから導き出された情報をエンジンに入力し、それぞれ在庫状況と、計画パラメータと、需要予測値とを含む、入力手段と、

2）前記入力手段に接続可能でありその情報に対して作用可能であって、物的流通網における将来補充所要量と在庫レベルのうちの少なくとも1つを見積もるために将来需要の不確実性を組み込む物流資源計画エージェントを含む論理手段と、

3）前記論理手段に接続され、物的流通網における将来

補充所要量のうちの少なくとも1つの見積値を出力する出力手段とを含む、物流資源計画エンジン。

(6) 前記論理手段が、将来手持ち在庫レベルと、将来繰越し注文需要数量と、将来および現在の推奨注文数量と、将来補充所要量との見積値を生成する、上記(5)に記載のエンジン。

【図面の簡単な説明】

【図1】流通網の配置を示す図である。

【図2】本発明を説明する際に有用な表を含む図である。

【図3】本発明を説明する際に有用な表を含む図である。

【図4】本発明を説明する際に有用な表を含む図であ

る。

【図5】本発明の一態様をさらに例示するグラフである。

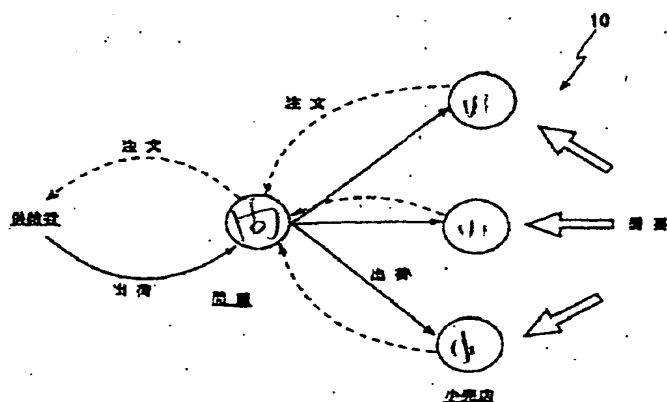
【図6】本発明を説明する際に有用な表を含む図である。

【図7】DRPエンジンを示す略図である。

【符号の説明】

- 10 流通網
- 22 DRPエンジン
- 24 DPR論理手段
- 26 予測エンジン
- 28 在庫計画エンジン
- 30 データベース

【図1】



流通ネットワークの例の配置

【図2】

計測パラメータ																
注文数量	30															
リード・タイム	5															
安全在庫数量	18															

小売店別																
期間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
需要	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
リファーマルされた受取数量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
安全在庫数量	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
手持数量 (期末)	60	50	40	30	20	10	30	20	10	30	20	10	30	20	10	30
所要数量	0	0	0	0	0	10	0	0	10	0	0	10	0	0	10	0
計画在庫数量	0	0	0	0	0	30	0	0	30	0	0	30	0	0	30	0
繰越し注文数量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
推奨注文数量	30	0	0	30	0	0	30	0	0	30	0	0	30	0	0	30

表1: 1つの小売店のサンプルDRP表

【図3】

計測パラメータ	
注文数量	200
リード・タイム	16
安全在庫数量	15

期間																
需要	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
リファーマルされた受取数量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
安全在庫数量	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
手持数量 (期末)	200	110	110	110	20	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
所要数量	0	0	0	0	0	0	85	85	85	175	175	175	265	265	265	355
計画在庫数量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200
繰越し注文数量	0	0	0	0	0	0	70	70	70	160	160	160	250	250	250	140
推奨注文数量	200	200	0	200	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0	200

表2: 4週間のサンプルDRP表

【 図 4 】

計算パラメータ	
減速レート	ロケット型ロケット
リード・タイム	5
安全在庫数	5

小売店のDRP値—標準DRP

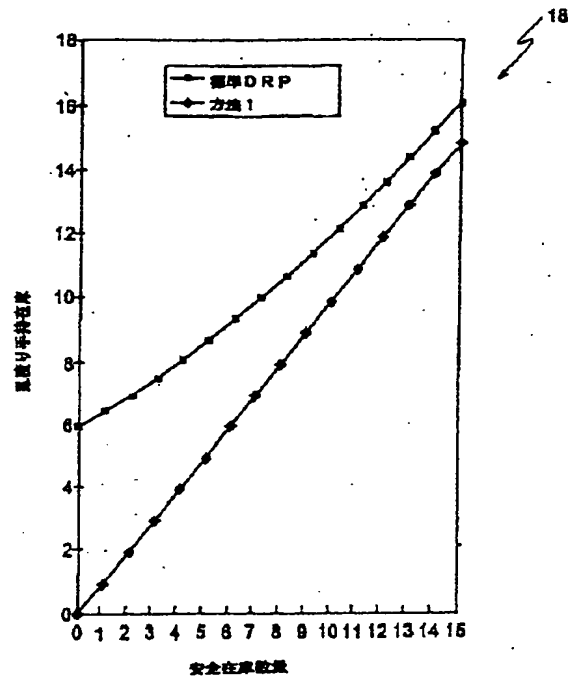
月間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
需要	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
スクウェア・ロスト・受領数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
安全在庫数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
平均数 (25%)	50	50	40	30	20	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
平均数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計画受領数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
最終注文数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計画注文数	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

小売店のDRP値—方法1

月間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
需要	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
スクウェア・ロスト・受領数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
安全在庫数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
平均数 (25%)	50	50	40	30	20	12	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
平均数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計画受領数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
最終注文数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計画注文数	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

図3：標準DRPと方法1との比較

【 図 5 】

安全在庫数の関数としての
量10の手待ち在庫見送り

【 図 6 】

計算パラメータ	
注文数	30
リード・タイム	5
安全在庫数	5

小売店のDRP値—標準DRP

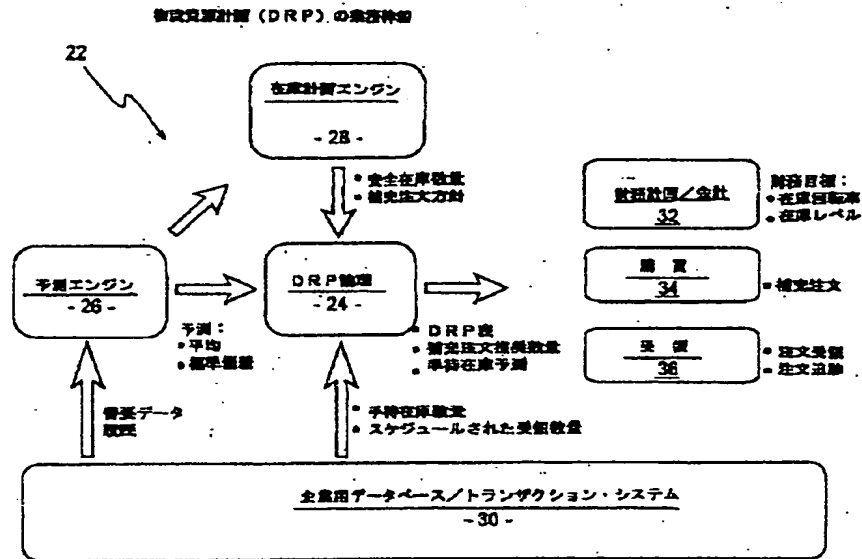
月間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
需要	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
スクウェア・ロスト・受領数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
安全在庫数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
平均数 (25%)	50	50	40	30	20	10	10	20	10	30	20	10	30	20	10	30	20	10	30
平均数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計画受領数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
最終注文数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計画注文数	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

小売店のDRP値—方法2

月間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
需要	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
スクウェア・ロスト・受領数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
安全在庫数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
平均数 (25%)	50	50	40	30	20	21.1	18.2	19.2	18.4	19.5	19.2	20.0	19.5	19.4	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3
平均数	0	0	0	0	0	0.5	3.2	8.6	3.1	2.4	2.6	2.3	2.6	2.3	2.5	2.4	2.5	2.5	2.5
計画受領数	0	0	0	0	0	0.8	1.1	1.8	0.5	1.0	1.1	0.8	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
最終注文数	0	0	0	0	0	0.2	1.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
計画注文数	18.1	11.8	8.5	10.2	8.5	10.2	8.5	10.2	8.5	10.2	8.5	10.2	8.5	10.2	8.5	10.2	8.5	10.2	8.5

図4：標準DRPと方法2の比較

【 図 7 】



フロントページの続き

(72) 発明者 カーン・クドゥシ・カチルジオウル
アメリカ合衆国 1 0 5 6 6 ニューヨーク
州ピークスキル エディンバラ・ドライブ
1 8

(72) 発明者 デイビッド・ダーウェイ・ヨー
アメリカ合衆国 1, 0 5 9 8 ニューヨーク
州ヨークタウン・ハイツ アンダーヒル・
アベニュー 1 2 6 1